

# 转 Bt 基因棉田昆虫群落多样性及其影响因素研究

崔金杰, 夏敬源

(中国农业科学院棉花研究所, 河南安阳 455112)

**摘要:**运用群落生态学的方法,研究了转 Bt(*Bacillus thuringiensis*)基因棉田昆虫群落及害虫和天敌亚群落多样性,对多样性及其主要组成成分——物种数、个体数、均匀度、优势集中性进行了通径分析。试验设 3 个处理:转基因棉自然控制(全生育期不施用任何农药,简称自控田)、转基因棉综合防治(采取综合防治措施,简称综防田)和常规棉自然控制(常规品种,全生育期不施用任何农药,简称对照田)。结果表明:转基因棉田昆虫群落、害虫和天敌亚群落的多样性指数均低于常规棉;决定 3 种棉田昆虫群落多样性指数的主要因素均为均匀度和优势集中性,即均匀度值越高,优势集中性值越低,则多样性越高;决定害虫亚群落的主要因素各不相同,对照田和自控田为优势集中性和均匀度,综防田为优势集中性和物种数,即优势集中性值越低或物种数越高,则多样性越高;决定天敌亚群落的主要因素亦不同,对照田和自控田为物种数和优势集中性,综防田为均匀度和优势集中性。害虫亚群落的多样性对总群落的多样性影响最大。

**关键词:**转 Bt 基因棉;昆虫群落;多样性;综合防治

## Studies on the components of diversity of the community in transgenic Bt cotton

CUI Jin-Jie, XIA Jing-Yuan (Cotton Research Institute, CAAS, Anyang, Henan 45112, China)

**Abstract:** During 1996~1997, the components of diversity of the community in transgenic Bt cotton were studied in three plots i. e., integrated pest management (IPM), natural enemies control (NEC) in transgenic Bt cotton and natural enemies control in traditional cotton (Control). Path analysis of composition of species diversity showed that it was dominant concentration and evenness that mainly decided the change of diversity index for pest-natural enemy communities. Diversity index ( $H'$ ) would be reduced with increasing of dominant concentration of decreasing of evenness. The diversity index of pest-natural enemy community directly depended on that of pest sub-community. The diversity index showed that Control (2.5114) > IPM (2.4846) > NEC (1.8181), IPM (1.9859) > Control (1.9240) > NEC (1.3371), Control (2.0786) > NEC (1.8313) > IPM (1.7808) in the pest-natural community, pest sub-community, and natural enemy sub-community, respectively.

**Key words:** transgenic Bt cotton; community of insect; diversity; integrated pest management

文章编号:1000-0933(2000)02-0824-06 中图分类号:Q143 文献标识码:A

我国对转 Bt 基因棉的研究起步较晚,但近年取得了较大进展<sup>[1~3]</sup>。谢道昕等 1991 年在国内首次报道将 Bt 毒素基因导入了棉花品种;中国农业科学院生物技术中心与山西棉花所和江苏农科院等单位合作,将人工合成的 Bt 毒素基因转入生产品种获得高抗棉株;中国农业科学院棉花研究所利用高新技术和常规育种相结合的技术途径,成功地将 Bt 毒素基因转入中棉所系列品种中,培育出中棉所抗虫棉系列品系,1994~1995 年在冀、鲁、豫等省的示范试种中,表现出良好的抗虫性和丰产性。1998 年中国农科院棉花研

基金项目:国家“九五”科技攻关项目 96-005-01-04

收稿日期:1999-09-28 修订日期:1999-05-02

作者简介:崔金杰(1968~),男,河北省枣强县人,在读博士,助研。主要从事棉虫生态与综合治理研究。

究所的 2 个转 Bt 基因棉品种(中棉所 29 和中棉所 30)通过国家审定,标志着我国转基因棉进入了大面积推广阶段。

国外已对转 Bt 基因棉进行了一系列的室内和田间研究<sup>[1]</sup>。我国通过田间小区试验初步研究了转 Bt 基因棉(93-4)对棉铃虫的抗性、丰产性和纤维品质及对目标害虫和天敌种群的影响,通过室内试验研究了转 Bt 基因棉对目标害虫取食、生长发育、行为的影响,同时还研究了转 Bt 基因棉对环境的影响<sup>[4~6]</sup>。但在转 Bt 基因棉对昆虫群落影响方面的研究国内外报道甚少。

1996~1997 年,作者研究了转 Bt 基因棉对昆虫群落多样性的影响,并对影响昆虫群落多样性的主要因素进行了通径分析,其研究对于建立转 Bt 基因棉害虫综合治理技术体系有重要的意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验处理

(1)麦套转 Bt 基因棉(以下简称转基因棉)夏播棉田(品种为 R93-6,面积 0.13hm<sup>2</sup>),全生育期不施用任何农药防治害虫。此处理以下简称自控田。

(2)麦套转 Bt 基因棉夏播棉田(品种为 R93-6,面积 0.13hm<sup>2</sup>),采取综合防治措施防治害虫,如麦穗蚜百株 1000 头以上,用 70%高巧 3000 倍液喷雾防治;在棉田每隔 6 行棉花在第 7 行棉行上种植玉米,每 2m 一穴,每穴留 3 株,以保护、增殖自然天敌;地老虎新被害株 5%以上,用敌百虫+棉籽饼毒饵诱杀防治;红蜘蛛为害的红斑株率苗期达到 20%、蕾铃期达到 25%时,用 20%螨克 1000 倍液喷雾防治,并兼治其它害虫;棉伏蚜百株百叶蚜量达 2000 头时,用 70%高巧 3000 倍液喷雾防治,兼治其它害虫;3、4 代棉铃虫百株低龄幼虫达 10 头时,用 40%丙溴磷 1000 倍液喷雾防治,或 32%克虫净 1000 倍液喷雾防治,兼治其它害虫。此处理以下简称综防田。

(3)麦套常规棉夏播棉田(品种为中棉所 16,面积 0.13hm<sup>2</sup>),全生育期不施用任何农药防治害虫。此处理以下简称对照田。

试验在本所(河南安阳)进行,试验地肥水条件中等,管理水平较高;3 种处理棉田播种日期均为 5 月 19 日,株距为 0.27m,宽行距为 0.9m,窄行距为 0.5m。

### 1.2 调查方法

试验采用棋盘式抽样方法<sup>[7]</sup>,每个处理每次取样 10 个点,每点 1m<sup>2</sup>。各处理棉田从 6 月 5 日至 10 月 10 日每 5d 调查 1 次,先扫网调查,每次扫网 50 网,然后调查取样范围内地面和植株上昆虫种类和数量并做详细记载,未知种类按统一编号进行记载。特殊处理:麦蚜及麦僵蚜每点连续调查 10 株;伏蚜和霉蚜只调查顶部倒数第 3 片叶数量。各代棉铃虫发生的始、盛、末期分别采棉铃虫卵及 3 龄以下幼虫 100 粒和 50~100 头,在室内饲养观察其寄生率和寄生蜂种类与数量。

### 1.3 分析方法

(1)测定各处理棉田昆虫群落、害虫和天敌亚群落的多样性<sup>[8,9]</sup>按以下公式计算:

$$\text{多样性指数 } H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

其中  $P_i = n_i/N$ ,  $n_i$  为第  $i$  个物种的个体数,  $N$  为总个体数,  $S$  为物种数。

(2)用通径分析方法分析<sup>[10]</sup>昆虫群落、害虫和天敌亚群落多样性的组成成分,明确直接和间接影响因素,在此基础上提出保护天敌多样性的措施。

## 2 结果与分析

### 2.1 对多样性的影响

3 种处理棉田昆虫群落的多样性指数为对照田(2.5114) > 综防田(2.4846) > 自控田(1.8181);害虫亚群落的多样性指数为综防田(1.9859) > 对照田(1.9244) > 自控田(1.3371);天敌亚群落的多样性指数为对照田(2.0786) > 自控田(1.8313) > 综防田(1.7808)。可以看出,转基因棉田昆虫群落、害虫和天敌群落的多样性均高于常规棉田。

从 3 种处理棉田昆虫群落多样性的时间格局来看(图 1A),6 月份小麦收割后,对照田和自控田的多样

性有不同程度的下降,综防田由于采取了综合防治措施,多样性则有所增加;7 月份以后,随着棉株的长大,昆虫的种类和丰盛度增加,棉田昆虫群落逐渐发展起来,其多样性又逐渐增加;9 月份以后,棉株衰老,昆虫群落随之衰败,进入了没落时期,多样性开始下降。在整个棉花生长期,自控田昆虫群落的多样性最低,特别是 6 月份,此期抗虫棉的抗性最强,由于棉田鳞翅目害虫(主要为棉铃虫和甜菜夜蛾(*Laphygma exigua* hübner))被转基因棉大量毒杀,以其为捕食猎物的优势天敌减少,以其为寄生对象的寄生性天敌种群明显受到抑制,因此昆虫群落多样性下降到最低点,直到 7 月份以后昆虫群落的多样性才逐渐增加并趋于平缓;综防田昆虫群落的多样性变化幅度最小,呈平缓上升趋势,可见转基因棉田采取综合防治措施,对于保持其群落的多样性有重要的意义;对照田昆虫群落的多样性变化幅度较大,6 月中旬至 7 月中旬棉田昆虫群落的多样性下降,主要由于小麦的屏障作用此期棉苗蚜发生较轻,小麦收割后麦田天敌大量迁出棉田,昆虫的种类和数量锐减所致,7 月份以后昆虫群落的多样性明显增加。

3 种处理棉田害虫亚群落的多样性的时间格局见图 1B,自控田害虫亚群落的多样性最低,对照田(7 月份除外)的多样性最高,综防田的多样性虽然低于对照田,但高于自控田。说明对照田害虫亚群落除 7 月份外稳定性较好,自控田稳定性最差,综防田介于两者之间。表明转基因棉采取综合防治后有较好的稳定性。

3 种处理棉田天敌亚群落的多样性的时间格局见图 1C,整个棉花生长期多样性指数变化较平缓,对照田的多样性指数均最高,而综防田和自控田差异不明显。说明转基因棉对天敌亚群落的多样性影响较大,采取综合防治措施也难以增加其多样性。

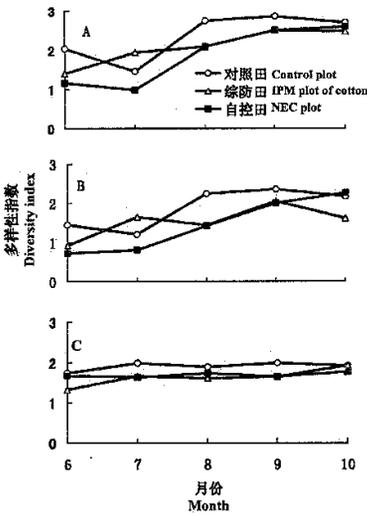


图 1 3 种处理棉田昆虫群落(A)、害虫亚群落(B)和天敌亚群落(C)多样性的变化

Fig. 1 Changes in diversity indexes of insect community (A), pest (B) and their natural enemy sub-communities (C) in the three treatments of cotton plots

### 2.2 多样性组成成分分析

对 3 种处理棉田昆虫群落的多样性  $H'$  及其主要组成成分——物种数  $S$ 、个体数  $N$ 、均匀度  $J$ 、优势集中性  $C$  的通经分析表明(表 1),决定多样性指数的主要因素为均匀度  $J$  和优势集中性  $C$ ,优势集中性越低或均匀度越高,则多样性越高。

在对照田昆虫群落中, $J$  和  $H'$  相关值为 0.8304,主要是  $J$  直接作用所致(-0.6716), $N$  和  $C$  的间接作用分别为 0.0291 和 0.1471,即物种的个体数增加,优势集中性增加,使得群落的均匀度减小,则群落的多样性降低; $C$  与  $H'$  的相关值为 -0.9490,主要是由于  $J$  的间接作用所致(-0.6206), $C$  的直接作用为负值(-0.1431)。在综防田昆虫群落中, $J$  和  $H'$  相关值为 0.9248,主要是由于  $J$  的直接作用(0.7845),而  $S$  和  $C$  的间接作用分别为 0.1427 和 0.0006,即物种数越少,优势集中性越高,均匀度越低,多样性越低; $C$  和  $H'$  的相关值为 -0.8383,主要是  $J$  的间接作用所致(-0.6755), $C$  的直接作用为 -0.1644。在自控田昆虫群落中, $J$  与  $H'$  相关值为 0.9050,主要是  $J$  直接作用造成的(0.8128), $S$  和  $N$  的间接作用为正值(0.0438,0.0398),即自控田中均匀度越高,多样性越高;物种数越多,个体数越多,使均匀度越高,则多样性增加; $C$  和  $H'$  的相关值为 -0.9110,主要是由于  $J$  间接作用造成的,其直接作用为负值(-0.0104)。

对 3 种处理棉田害虫亚群落的多样性  $H'$  及其主要组成成分——种类数  $S$ 、个体数  $N$ 、优势集中性  $C$ 、均匀度  $J$  的通经分析表明(表 2),决定多样性的主要因素各不相同。影响对照田害虫亚群落多样性的主要因素为优势集中性  $C$ , $C$  与  $H'$  的相关值为 0.7814,主要是由其直接作用所致(0.4575), $N$  和  $C$  的间接作用为正值(分别为 0.0412 和 0.3310),即个体数越多,优势集中性越高,则均匀度越低,多样性越

低; $C$ 与 $H'$ 的相关值为 $-0.9543$ ,主要是由 $J$ 的间接作用所致( $-0.3868$ ),其直接作用为负值( $-0.3914$ )。影响综防田害虫亚群落多样性的主要因素为优势集中性 $C$ 和物种数 $S$ , $S$ 和 $H'$ 的相关值为 $0.4258$ ,主要是其直接作用所致( $0.2235$ ), $J$ 和 $C$ 的间接作用为正值(分别为 $0.0489$ 和 $0.1801$ ),即该亚群落物种数越多,多样性越高,并且优势集中性越高,均匀度越低,则多样性降低; $C$ 和 $H'$ 的相关值为 $-0.5524$ ,主要是个体数 $N$ 的间接作用所致( $0.0020$ ), $C$ 的直接作用为负值( $-0.3997$ )。影响自控田害虫亚群落多样性的主要因素为优势集中性 $C$ 和均匀度 $J$ , $J$ 和 $H'$ 的相关值为 $0.8735$ ,主要由于其直接作用所致( $0.6901$ ), $S$ 、 $N$ 、 $C$ 的间接作用为正值(分别为 $0.0135$ 、 $0.0228$ 和 $0.1470$ ),说明该亚群落物种数越多,个体数越多,优势集中性越高,致使均匀度降低,则多样性降低; $C$ 与 $H'$ 的相关值为 $-0.9342$ ,是由 $J$ 的间接作用所致( $-0.6077$ ), $C$ 的直接作用为负值( $-0.1607$ )。

表 1 昆虫群落多样性及其主要组成通径分析

Table 1 Path analysis of diversity and main components in insect community

类型 Styles	组分 Components	与 $H'$ 相关值	直接作用	间接作用 Indirect effects			
		Related index	Direct effects	$S$	$N$	$J$	$C$
对照田 Control plot	$S$	0.5067	0.4922	—	$-0.0081$	$-0.0237$	0.0463
	$N$	$-0.5898$	$-0.0357$	0.1116	—	0.5489	$-0.1167$
	$J$	0.8304	0.6716	$-0.0173$	0.0291	—	0.1471
	$C$	$-0.9490$	$-0.1592$	$-0.1431$	$-0.0262$	$-0.6206$	—
综防田 IPM plot	$S$	0.6785	0.3938	—	0.0001	0.2843	0.0003
	$N$	$-0.4601$	0.0050	0.0061	—	$-0.4709$	$-0.0004$
	$J$	0.9248	0.7845	0.1427	$-0.0030$	—	0.0006
	$C$	$-0.8383$	$-0.0007$	$-0.1644$	0.0024	$-0.6755$	—
自控田 NEC plot	$S$	0.4956	0.4038	—	$-0.0014$	0.0881	0.0051
	$N$	$-0.6591$	$-0.0537$	0.0105	—	$-0.6028$	$-0.0059$
	$J$	0.9050	0.8128	0.0438	0.0398	—	0.0086
	$C$	$-0.9110$	$-0.0104$	$-0.1981$	$-0.0306$	$-0.6720$	—

对3种处理棉田天敌亚群落的多样性 $H'$ 及其主要组成成分——种类数 $S$ 、个体数 $N$ 、优势集中性 $C$ 、均匀度 $J$ 的通径分析表明(表3),决定多样性的主要因素各不相同。对照田天敌亚群落多样性的主要决定因素为物种数 $S$ 和优势集中性 $C$ ,即该亚群落物种数越多或优势集中性越低,则多样性越高, $S$ 和 $H'$ 的相关值为 $0.7537$ ,主要是由其直接作用所致( $0.5260$ ); $C$ 和 $H'$ 的相关值为 $-0.9356$ ,主要是由 $N$ 的间接作用所致( $0.0493$ ), $C$ 的直接作用为负值( $-0.6333$ )。综防田天敌亚群落多样性的主要决定因素为均匀度 $J$ 和优势集中性 $C$ ,即均匀度越高或优势集中性越低,多样性越高, $J$ 和 $H'$ 的相关值为 $0.6857$ ,主要由于其直接作用所致( $0.6044$ ),个体数 $N$ 和优势集中性 $C$ 的间接作用为正值( $0.0090$ , $0.2044$ ),即该亚群落均匀度越高,多样性就增加,同时个体数越高,优势集中性越高,会引起均匀度降低,则多样性降低; $C$ 与 $H'$ 的相关值为 $-0.9257$ ,主要由 $J$ 的间接作用所致( $-0.4661$ )。自控田天敌亚群落多样性的主要决定因素为物种数 $S$ 和优势集中性 $C$ ,即该亚群落物种数越多或优势集中性越低,多样性就越高, $S$ 和 $H'$ 的相关值为 $0.7028$ ,主要由于其直接作用造成的( $0.6133$ ), $J$ 和 $H'$ 的相关值为 $-0.9160$ ,主要是由个体数 $N$ 的间接作用造成的( $0.0589$ ), $J$ 的直接作用为负值( $-0.6437$ )。

对各亚群落和总群落的多样性 $H'$ 的通径分析结果表明(表4),3种处理棉田中决定昆虫群落多样性 $H'$ 的主要因素均为害虫亚群落。对照田害虫亚群落和总群落多样性的相关值为 $0.9833$ ,这一结果主要是由害虫亚群落的多样性决定的( $2.4812$ ),捕食性天敌亚群落的间接作用为正值( $0.2509$ ),说明捕食性天敌亚群落的多样性越高,害虫亚群落的多样性就越低,致使总群落的多样性降低;寄生性天敌和蜘蛛类亚群落的间接作用为负值(分别为 $-0.9148$ 和 $-0.8342$ ),说明寄生性天敌和蜘蛛类亚群落的多样性越高,则害虫亚群落的多样性越高,致使昆虫群落的多样性增加。综防田害虫亚群落和总群落多样性的相关值为

0.8787, 主要是由害虫亚群落的多样性直接作用造成的(0.5116); 捕食性天敌和寄生性天敌亚群落多样性的间接作用为正值(分别为 0.8418 和 0.1480), 说明综防田中, 捕食性天敌和寄生性天敌亚群落的多样性越高, 害虫亚群落的多样性就越低, 致使总群落的多样性降低。自控田害虫亚群落和总群落多样性的相关值为 0.9718, 主要是由害虫亚群落的多样性直接作用造成的(1.9286); 捕食性天敌、寄生性天敌、蜘蛛类亚群落的间接作用均为负值(分别为  $-0.7238$ 、 $-0.0973$  和  $-0.1357$ ), 说明捕食性天敌、寄生性天敌、蜘蛛类亚群落的多样性越高, 则害虫亚群落的多样性越高, 致使昆虫群落的多样性增加。

表 2 害虫群落多样性及其主要组成途径分析

Table 2 Path analysis of diversity and main components in pest sub-community

类型 Styles	组分 Components	与 $H'$ 相关值 Related index	直接作用 Direct effects	间接作用 Indirect effects			
				$S$	$N$	$J$	$C$
对照田 Control plot	$S$	0.4890	0.4245	—	$-0.0182$	$-0.0520$	0.1347
	$N$	$-0.4546$	$-0.0576$	0.1341	—	0.3271	$-0.2040$
	$J$	0.7814	0.4575	$-0.0482$	0.0412	—	0.3310
	$C$	$-0.9543$	$-0.3914$	$-0.1460$	$-0.0300$	$-0.3868$	—
综防田 IPM plot	$S$	0.4258	0.2235	—	$-0.0267$	0.0489	0.1801
	$N$	$-0.2669$	$-0.3168$	0.0188	—	0.0286	0.0025
	$J$	$-0.3104$	$-0.1300$	$-0.0840$	0.0698	—	$-0.1662$
	$C$	$-0.5524$	$-0.3997$	$-0.1007$	0.0020	$-0.541$	—
自控田 NEC plot	$S$	0.4648	0.3850	—	$-0.0052$	0.0243	0.0607
	$N$	$-0.5099$	$-0.0359$	0.0558	—	$-0.4383$	$-0.0915$
	$J$	0.8735	0.6901	0.0135	0.0228	—	0.1470
	$C$	$-0.9342$	$-0.1670$	$-0.1399$	$-0.0197$	$-0.6077$	—

表 3 天敌亚群落多样性及其主要组成途径分析

Table 3 Path analysis of diversity and main components in natural enemy sub-community

类型 Styles	组分 Components	与 $H'$ 相关值 Related index	直接作用 Direct effects	间接作用 Indirect effects			
				$S$	$N$	$J$	$C$
对照田 Control plot	$S$	0.7537	0.5260	—	$-0.0806$	$-0.0507$	0.3590
	$N$	0.5808	$-0.1011$	0.4194	—	$-0.0461$	0.3086
	$J$	0.2180	0.1200	$-0.2224$	0.0388	—	0.2815
	$C$	$-0.9356$	$-0.6333$	$-0.2982$	0.0493	$-0.0534$	—
综防田 IPM plot	$S$	0.5064	0.5731	—	$-0.0060$	$-0.1394$	0.0887
	$N$	$-0.1894$	$-0.0154$	0.2234	—	$-0.3512$	$-0.0461$
	$J$	0.6857	0.6044	$-0.1321$	0.0090	—	0.2044
	$C$	$-0.9257$	$-0.2650$	$-0.1919$	$-0.0027$	$-0.4661$	—
自控田 NEC plot	$S$	0.7028	0.6133	—	$-0.1380$	$-0.0762$	0.3037
	$N$	0.3724	$-0.1928$	0.4390	—	$-0.0707$	0.1968
	$J$	0.0801	0.1283	$-0.3644$	0.1063	—	0.2099
	$C$	$-0.9160$	$-0.6437$	$-0.2894$	0.0589	$-0.0418$	—

### 3 小结与讨论

#### 3.1 昆虫群落多样性与稳定性的关系

群落多样性是群落稳定性的一个重要尺度, 是生物群落的重要特征。群落的多样性参数值越大, 其反馈系统也就越强大, 对于环境的变化或来自群落内部种群波动的缓冲作用越强。这样的昆虫群落优势种就不太突出, 种群数据不容易大发生<sup>[7]</sup>。

从群落能量学的观点来看, 多样性高的群落, 食物链和食物网更加趋于复杂, 群落内能流途径更多一

些,如果某一条能流途径受到干扰被堵塞不通,就可能由其它的线路予以补偿。一般而言,多样性指数和均匀度值较高而优势集中性值较低的群落,其稳定性较好。

本研究表明,转基因棉田昆虫群落的稳定性不如常规棉。

表 4 昆虫群落  $H'$  和各亚群落多样性的通径分析

Table 4 Path analysis of diversity between insect community and sub-community

类型 Styles	组分 Components	与 $H'$ 相关值 Related index	直接作用 Direct effects	间接作用 Indirect effects			
				捕食性 Predators	寄生性 Parasites	蜘蛛类 Spiders	害虫类 Pests
对照田 Control plot	捕食性 <sup>①</sup>	-0.1535	-2.6502	—	0.0110	2.7207	-0.2349
	寄生性 <sup>②</sup>	0.4114	-1.7984	0.0162	—	0.9314	1.2622
	蜘蛛类 <sup>③</sup>	-0.3526	3.1383	-2.2976	-0.5338	—	-0.6596
	害虫类 <sup>④</sup>	0.9833	2.4814	0.2509	-0.9148	-0.8342	—
综防田 IPM plot	捕食性	0.6588	1.6304	—	-0.2801	-0.9556	0.2642
	寄生性	0.0462	0.6908	-0.6611	—	-0.0932	0.1096
	蜘蛛类	0.4721	-1.1770	1.3237	0.0547	—	0.2707
	害虫类	0.8787	0.5116	0.8418	0.1480	-0.6228	—
自控田 NEC plot	捕食性 <sup>①</sup>	0.5583	-1.0483	—	0.0849	0.1901	1.3315
	寄生性 <sup>②</sup>	0.3987	-0.3688	0.2414	—	0.0170	0.5091
	蜘蛛类 <sup>③</sup>	-0.2490	0.5702	-0.3494	-0.0110	—	-0.4588
	害虫类 <sup>④</sup>	0.9718	1.9286	-0.7238	-0.0973	-0.1357	—

①Predators, ②Parasites, ③Spiders, ④Pests,

### 3.2 提高转基因棉田多样性的途径

对转基因棉田昆虫群落和害虫亚群落而言,影响多样性指数的主要因素均为均匀度和优势集中性,即均匀度值越高,优势集中性值越低,则多样性越高,所以应采取综合防治的措施,保护增殖自然天敌的种类和数量,并适时防治主要害虫如红蜘蛛、棉蚜、棉蓟马等,以增加昆虫群落的均匀度,降低其优势集中性,提高昆虫群落的多样性;决定天敌亚群落的主要因素为物种数和优势集中性,转基因棉田天敌的种类较单一,所以应尽量避免使用化学农药杀伤天敌,此外还应采取保护、增殖天敌的措施,如种植玉米或高粱诱集带,施用对自然天敌安全的选择性农药防治红蜘蛛等害虫。

### 参考文献

- [1] 崔金杰,夏敬源. 转 Bt 基因棉对棉田主要害虫及其天敌种群消长的影响. 河南农业大学学报,1997,31(4):351~356.
- [2] 丰 嵘,张宝红. 外源 Bt 基因对棉花产量性状及抗虫性的影响. 棉花学报,1996,8(1):10~13.
- [3] 崔金杰,夏敬源. 麦套夏播转 Bt 基因棉田主要害虫及其天敌的发生规律. 棉花学报,1998,10(5):255~262.
- [4] 夏敬源,汪若海,文绍贵,等. 抗虫棉在棉铃虫综合治理中的作用. 中国棉花,1995,22(8):8~11.
- [5] 赵建周,卢美光. 转 Bt 基因棉花在害虫综合防治中的作用、抗性问题及其对策. 见:中国植物保护学会主编,中国植物保护研究进展. 北京:中国科学技术出版社,1996. 447~450.
- [6] 董双林,文绍贵,王月恒. 转 Bt 基因棉花对棉铃虫存活、生长及为害的影响. 见:中国植物保护学会主编,中国植物保护研究进展. 北京:中国科学技术出版社,1996. 425~429.
- [7] 夏敬源,王月恒,马 艳,等. 不同类型棉田昆虫群落调查的抽样方法研究. 棉花学报,1995,7(3):179~183.
- [8] 何连生. 栽培制度对麦田昆虫群落组成及结构的影响. 植物保护学报,1996,23(3):203~208.
- [9] 李隆术,朱文炳,赵志模,等. 桔园昆虫群落研究的现状及进展. 西南农业大学学报,1988,34(2):132~136.
- [10] 邹建掬,周程爱,彭俊彩,等. 综防和化防对策下桔园昆虫群落组成研究. 见:万方浩,康乐主编. 青年生态学论坛. 1992. 361~366.